６．一般的なゲイン調整

第６章　一般的なゲイン調整 2
6.1　ワンタッチ調整 2
6.1.1　ワンタッチ調整の流れ 3
6.1.2　ワンタッチ調整の表示遷移・操作方法 4
6.1.3　ワンタッチ調整時の注意 8
6.2　ゲイン調整方法 9
6.3　オートチューニングモード1 11
6.3.1　概要 11
6.3.2　オートチューニングモード1の基本 12
6.3.3　オートチューニングによる調整手順 13
6.3.4　オートチューニングモード1での応答性設定 14
6.4　2ゲイン調整モード 15
6.5　マニュアルモード 16

第６章　一般的なゲイン調整

ポイント

- 内部トルク制御モードで使用する場合，ゲイン調整する必要はありません。
- ゲイン調整にあたり，機械をサーボモータの最大トルクで運転していないことを確認してください。最大トルクをこえた状態で運転を行うと，機械に振動が発生するなどの予期しない動きになる場合があります。また，機械の個体差を考慮して余裕のある調整を行ってください。運転中のサーボモータの発生トルクをサーボモータ最大トルクの90%以下にすることを推奨します。

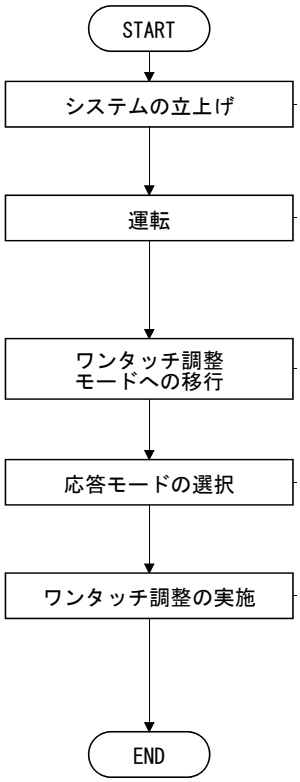
6.1　ワンタッチ調整

ドライバ前面のワンタッチ調整ボタン“AUTO”を押すだけで，自動でゲイン・フィルタを調整します。ワンタッチ調整では，次のパラメータが自動調整されます。

パラメータNo.	略称	名称
PA08	ATU	オートチューニングモード
PA09	RSP	オートチューニング応答性
PB03	PST	位置指令加減速時定数(位置スムージング)
PB07	PG1	モデル制御ゲイン
PB12	OVA	オーバシュート量補正
PB13	NH1	機械共振抑制フィルタ1
PB14	NHQ1	ノッチ形状選択1
PB15	NH2	機械共振抑制フィルタ2
PB16	NHQ2	ノッチ形状選択2

6.1.1 ワンタッチ調整の流れ

次に示す手順でワンタッチ調整を実施してください。

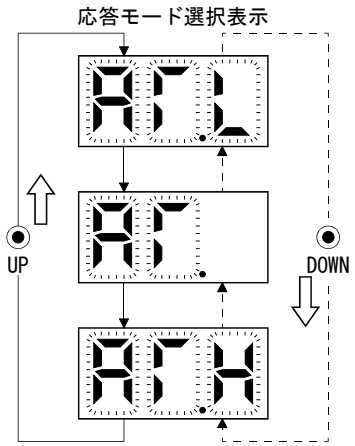


- システムの立上げ：取扱説明書の“はじめに”を参照して，システムを立ち上げてください。
- 運転：外部の指令装置などで，サーボモータを回転させてください。（ワンタッチ調整は，サーボモータが停止している状態では実施できません。）
- ワンタッチ調整モードへの移行：運転中に“AUTO”ボタンを3s以上押してください。表示部が“ﾊﾃﾞ”になり，ワンタッチ調整モードに移行します。
- 応答モードの選択：“ﾊﾃﾞ”表示中に“UP”“DOWN”ボタンを押して，応答モードを選択してください。
- ワンタッチ調整の実施：“AUTO”ボタンを押して，ワンタッチ調整を開始してください。ワンタッチ調整が正常に完了すると，ゲイン・フィルタが自動的に調整されます。

6.1.2 ワンタッチ調整の表示遷移・操作方法

(1) 応答モードの選択

“UP” “DOWN”ボタンで，ワンタッチ調整の応答モード(3種類)を選択してください。



Lowモード　　：ベルト駆動など，機械剛性が低い機械向けの応答モードです。

ベーシックモード：標準的な機械向けの応答モードです。

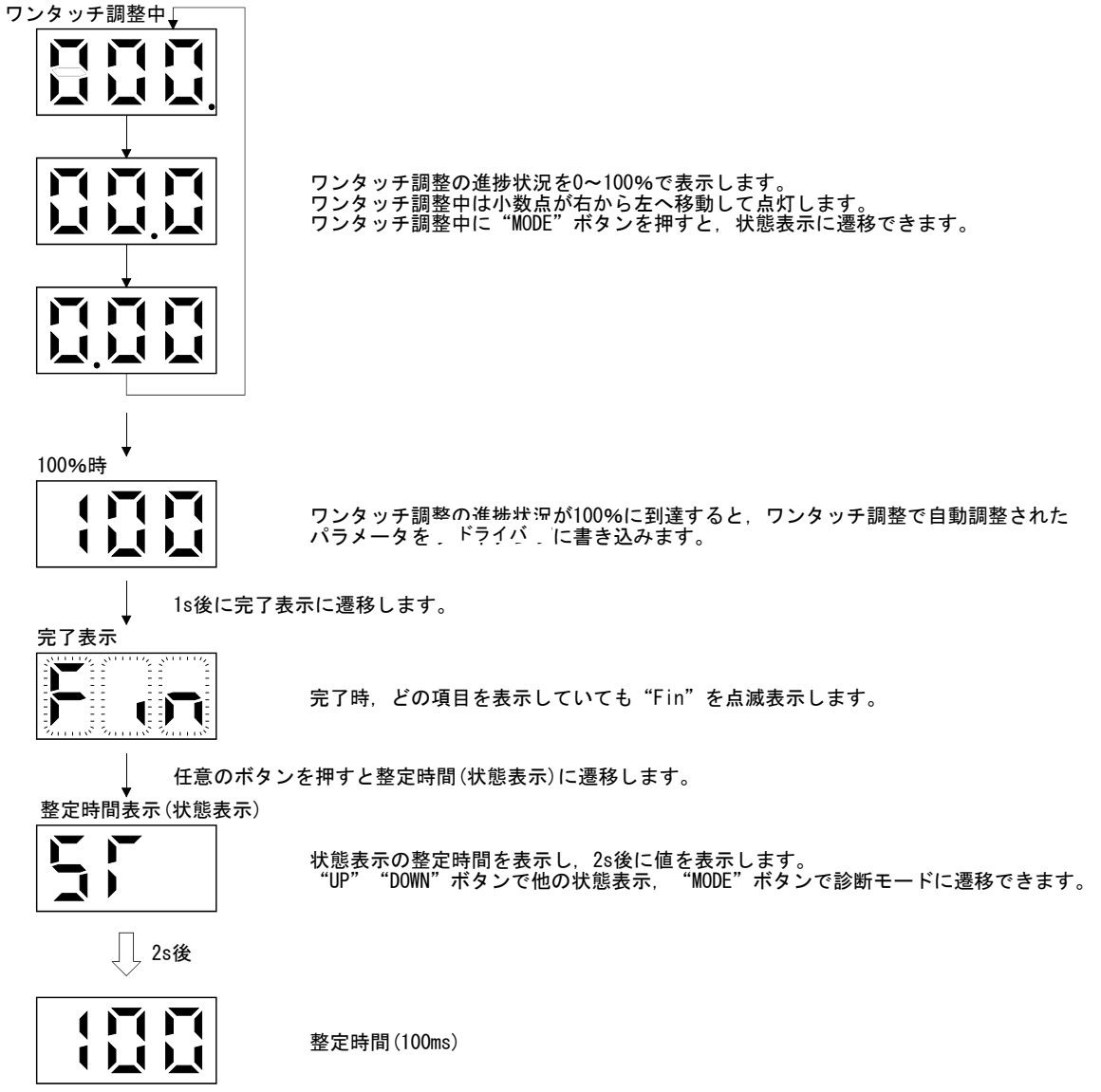
Highモード　　：ボールねじ駆動など，剛性が高い機械向けの応答モードです。

応答モード			応答性	機械の特性
Lowモード	ベーシックモード	Highモード		対応する機械の目安
			低応答 高応答	アームロボット 一般工作機械搬送機 高精度工作機 インサータ マウンタ ボンダ

ワンタッチ調整モードに移行後，10s経過するとワンタッチ調整モードがキャンセルされ，電源投入時状態表示に戻ります。

(2) ワンタッチ調整の実施

(1)で応答モードを選択し，“AUTO”ボタンを押すと，ワンタッチ調整を開始します。



ポイント
● 整定時間は，状態表示モードからでも確認することができます。(5.3節参照)

(3) ワンタッチ調整の中止

中止シンボル表示

ワンタッチ調整モードに移行した状態で，どの項目を表示していても“AUTO”ボタンを押すとワンタッチ調整モードを中止することができます。

2s間隔

中止シンボル表示とエラーコード“C00”(調整中キャンセル)を2s間隔で交互に表示します。

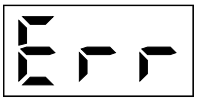
エラーコード

任意のボタンを押すと，電源投入時状態表示に遷移します。

電源投入時状態表示(位置制御モードの場合)

(4) エラー発生時

中止シンボル表示



ワンタッチ調整中にエラーが発生した場合，ワンタッチ調整を終了し，中止シンボルと“C01”～“C04”までのエラーコードを2s間隔で交互に表示します。

2s間隔

エラーコード

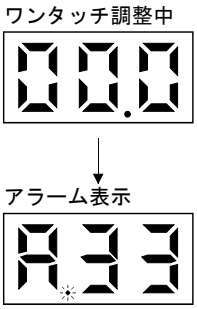
次表を参照し，エラーの原因を取り除いてください。

表示	名称	内容	処置
C00	調整中キャンセル	ワンタッチ調整中に“AUTO”ボタンを再度押して，ワンタッチ調整を中止した。(本項(3)参照)	
C01	オーバシュート過大	オーバシュートがインポジション範囲(パラメータNo.PA10)で設定した値より大きい。	インポジション範囲(パラメータNo.PA10)の設定を大きくしてください。
C02	調整中サーボオフ	サーボオン(SON)がOFFになっている状態でワンタッチ調整を実施しようとした。	サーボオン(SON)をONにしてからワンタッチ調整を実施してください。
C03	制御モード異常	制御モードが内部トルク制御モードのとき，ワンタッチ調整を実施しようとした。	制御モードを位置制御モードまたは内部速度制御モードにして，ワンタッチ調整を実施してください。
C04	タイムアウト	1. 運転中の1サイクル時間が30sをこえている。	運転中の1サイクル時間を30s以下にしてください。
		2. サーボモータ回転速度が100r/min未満である。	サーボモータ回転速度を100r/min以上にしてください。
		3. 連続運転の運転間隔が短い。	運転中の停止時間を長くしてください。

任意のボタンを押すと，電源投入時状態表示に遷移します。

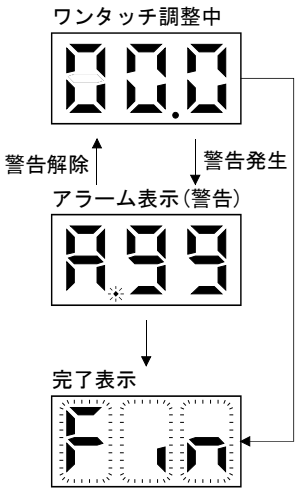
電源投入時状態表示(位置制御モードの場合)

(5) アラーム発生時



ワンタッチ調整中にアラームが発生した場合，ワンタッチ調整を中止し，アラーム表示に遷移します。

(6) 警告発生時

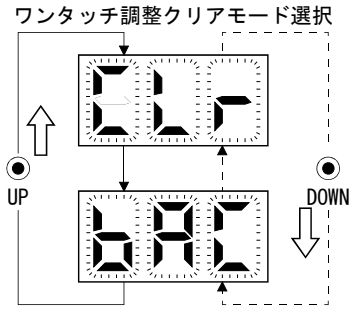


(a) ワンタッチ調整中に警告が発生した場合，アラーム表示に遷移し，警告を表示します。ただし，ワンタッチ調整は継続して実施します。
(b) 警告が解除された場合，アラーム表示からワンタッチ調整中に遷移します。

ワンタッチ調整完了

(7) ワンタッチ調整のクリア

ポイント
● クリア(CLr)モードでワンタッチ調整結果を初期値に，バック(bAC)モードでワンタッチ調整結果を調整前の値に戻すことができます。



(a) “AUTO”“SET”ボタンを同時に3s以上押すと，ワンタッチ調整クリアモード選択に移行します。
(b) ワンタッチ調整クリアモードのシンボルが点滅表示されます。
(c) “UP”“DOWN”ボタンで，初期値に戻すモード“CLr”とワンタッチ調整前の値に戻すモード“bAC”を選択します。

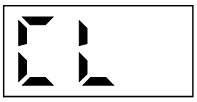
“SET”ボタンでワンタッチ調整のクリアを実施します。(何もしないで10s経過すると，ワンタッチ調整クリアモード選択がキャンセルされ，電源投入時状態表示に戻ります。)

ワンタッチ調整クリアモード表示(初期値に戻す場合)

選択したワンタッチ調整クリアモードを実施します。実施中，ワンタッチ調整クリアモードのシンボルが3s点灯します。

ワンタッチ調整クリアが完了すると，電源投入時状態表示に遷移します。

電源投入時状態表示(位置制御モードの場合)



6.1.3 ワンタッチ調整時の注意

(1) 内部トルク制御モードの場合，“AUTO”ボタンは無効です。

(2) アラーム・警告が発生している場合，ワンタッチ調整はできません。

(3) 次のテスト運転モードを実行している場合，ワンタッチ調整はできません。

(a) 出力信号(DO)強制出力

(b) モータなし運転

(c) タフドライブ強制運転

6.2 ゲイン調整方法

ドライバ単体で行えるゲイン調整方法を示します。ゲイン調整は本項(3)を参照してください。

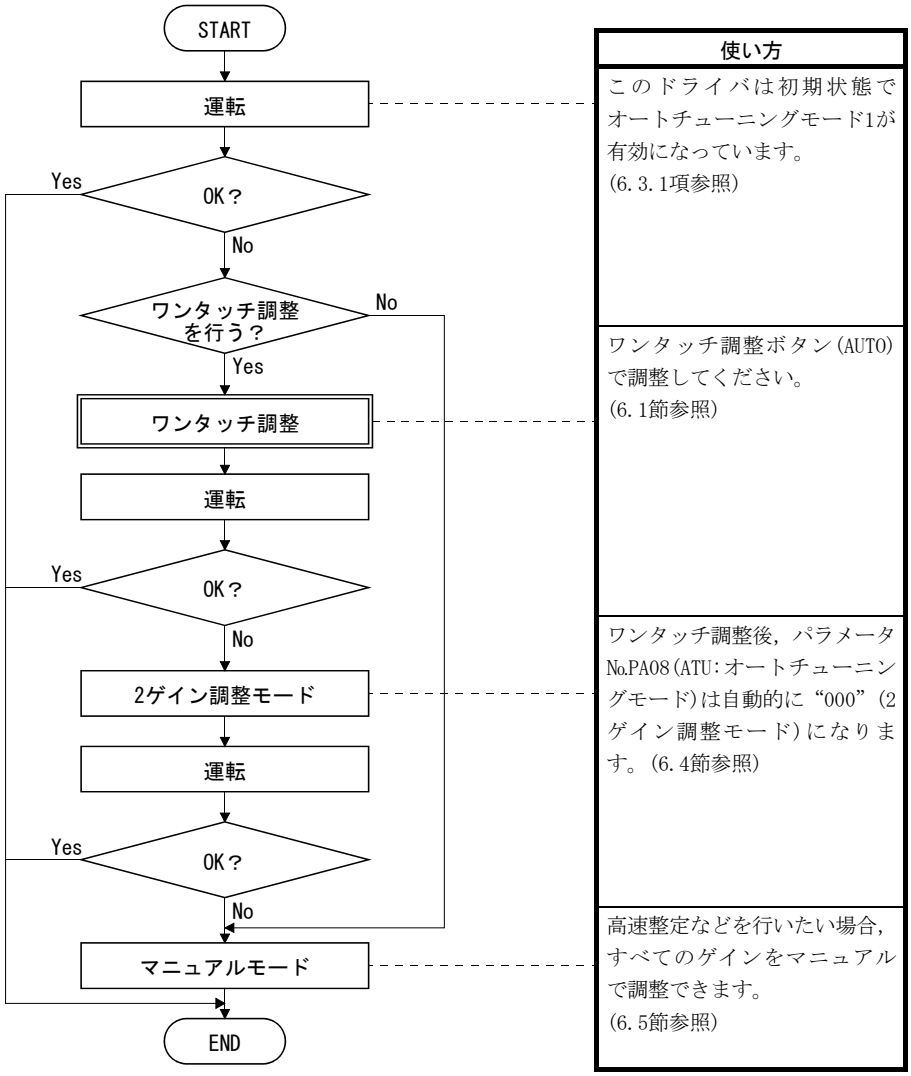
(1) ワンタッチ調整

ゲイン調整方法	パラメータNo.PA08の設定	負荷慣性モーメント比の推定	自動的に設定されるパラメータ	マニュアルで設定するパラメータ
ドライバ前面のワンタッチ調整ボタン(AUTO)の操作 (6.1節参照)	・ワンタッチ調整前の値が“000”，“001”のとき“000”に自動変更 ・ワンタッチ調整前の値が“003”のとき“003”(変更なし)	常時推定	AUT(パラメータNo.PA08) RSP(パラメータNo.PA09) PST(パラメータNo.PB03) PG1(パラメータNo.PB07) OVA(パラメータNo.PB12) NH1(パラメータNo.PB13) NHQ1(パラメータNo.PB14) NH2(パラメータNo.PB15) NHQ2(パラメータNo.PB16)	

(2) オートチューニングモード(パラメータNo.PA08)によるゲイン調整

ゲイン調整方法	パラメータNo.PA08の設定	負荷慣性モーメント比の推定	自動的に設定されるパラメータ	マニュアルで設定するパラメータ
オートチューニングモード1 (初期値)	001	常時推定	GD2(パラメータNo.PB06) PG1(パラメータNo.PB07) PG2(パラメータNo.PB08) VG2(パラメータNo.PB09) VIC(パラメータNo.PB10)	RSP(パラメータNo.PA09)
2ゲイン調整モード	000	常時推定	GD2(パラメータNo.PB06) PG2(パラメータNo.PB08) VG2(パラメータNo.PB09) VIC(パラメータNo.PB10)	PG1(パラメータNo.PB07) RSP(パラメータNo.PA09)
マニュアルモード	003	パラメータNo.PB06の値に固定		GD2(パラメータNo.PB06) PG1(パラメータNo.PB07) PG2(パラメータNo.PB08) VG2(パラメータNo.PB09) VIC(パラメータNo.PB10)

(3) 調整の順序とモードの使い分け



6.3 オートチューニングモード1

6.3.1 概要

ドライバには機械の特性(負荷慣性モーメント比)をリアルタイムに推定し，その値に応じた最適なゲインを自動的に設定するリアルタイムオートチューニング機能を内蔵しています。この機能によりドライバのゲイン調整を容易に行うことができます。

ドライバは出荷状態でオートチューニングモード1の設定になっています。

このモードでは機械の負荷慣性モーメント比を常時推定し，最適ゲインを自動的に設定します。

オートチューニングモード1により自動的に調整されるパラメータは次表のとおりです。

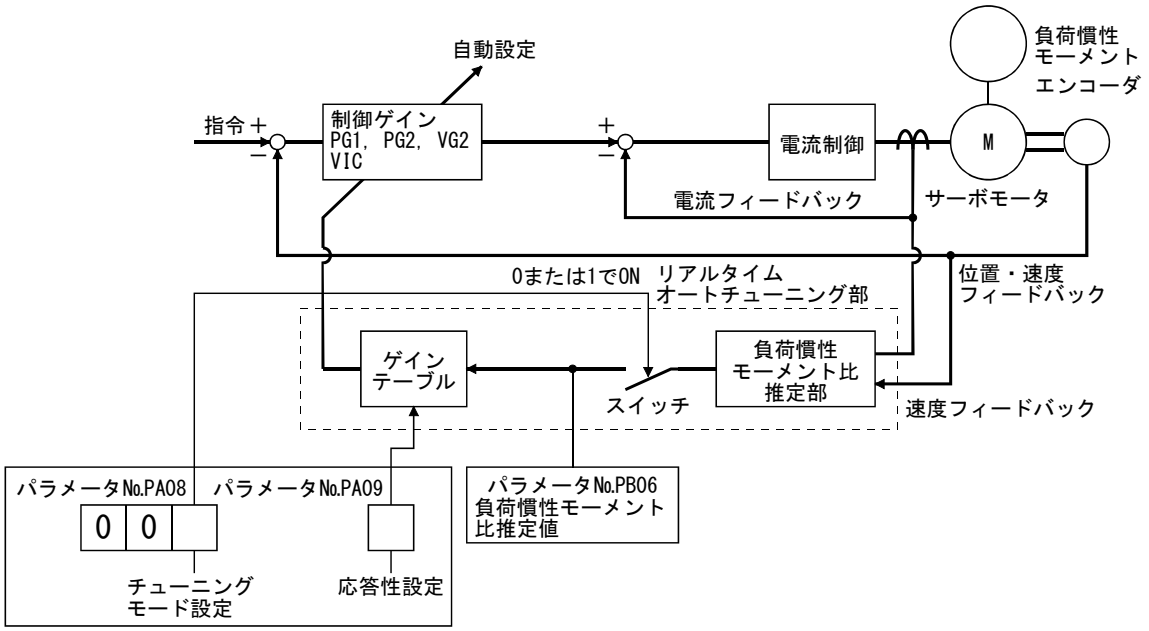
パラメータNo.	略称	名称
PB06	GD2	サーボモータに対する負荷慣性モーメント比
PB07	PG1	モデル制御ゲイン
PB08	PG2	位置制御ゲイン
PB09	VG2	速度制御ゲイン
PB10	VIC	速度積分補償

ポイント

- オートチューニングモード1は次の条件を満たさないと，正常に作動しない場合があります。
  - ・2000r/minに達するまでの時間が5s以下の加減速時定数である。
  - ・回転速度が150r/min以上である。
  - ・サーボモータに対する負荷慣性モーメント比が100倍以下である。
  - ・加減速トルクが定格トルクの10%以上である。
- 加減速中に急激な外乱トルクが加わるような運転条件や極端にガタの大きな機械の場合にもオートチューニングが正常に機能しないことがあります。このような場合，ワンタッチ調整，2ゲイン調整モードまたはマニュアルモードでゲイン調整を行ってください。

6.3.2 オートチューニングモード１の基本

リアルタイムオートチューニングの機能ブロック図を示します。



サーボモータを加減速運転させると，負荷慣性モーメント比推定部はサーボモータの電流とサーボモータ速度から常に負荷慣性モーメント比を推定します。推定された結果は，パラメータNo.PB06(サーボモータに対する負荷慣性モーメント比)に書き込まれます。この結果はセットアップソフトウェア（MR Configurator）の状態表示画面で確認できます。

負荷慣性モーメント比の値があらかじめわかっている場合や，推定がうまく行かない場合は，“マニュアルモード”(パラメータNo.PA08：003)に設定(上図中スイッチをOFF)し，負荷慣性モーメント比の推定を停止させ，マニュアルで負荷慣性モーメント比(パラメータNo.PB06)を設定してください。

設定された負荷慣性モーメント比(パラメータNo.PB06)の値と応答性(パラメータNo.PA09)から，内部に持っているゲインテーブルに基づいて，最適な制御ゲインを自動設定します。

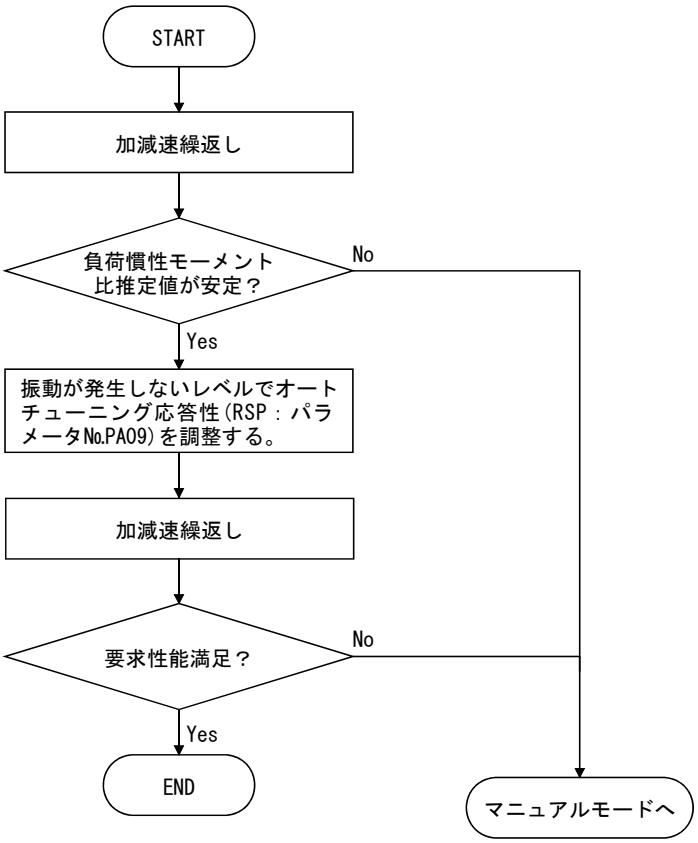
オートチューニングの結果は電源投入から60分ごとにドライバのEEP-ROMに保存されます。電源投入時にはEEP-ROMに保存した各制御ゲインの値を初期値としてオートチューニングを行います。

ポイント

- 運転中に急激な外乱トルクが加わる場合，負荷慣性モーメント比の推定が一時的に誤作動する場合があります。このような場合，マニュアルモード(パラメータNo.PA08：003)に設定し，正しい負荷慣性モーメント比(パラメータNo.PB06)を設定してください。
- オートチューニングモード1，2ゲイン調整モードのいずれかの設定からマニュアルモードの設定に変更すると現在の制御ゲインおよび負荷慣性モーメント比推定値をEEP-ROMに保存します。

6.3.3 オートチューニングによる調整手順

出荷時はオートチューニングが有効になっていますので，サーボモータを運転するだけで機械に合った最適ゲインを自動設定します。必要に応じて，応答性設定の値を変更するだけで調整は完了します。調整手順を示します。

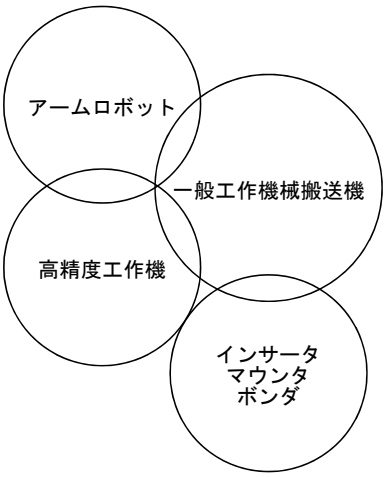


6.3.4 オートチューニングモード１での応答性設定

サーボ系全体の応答性(パラメータNo.PA09)を設定します。応答性設定を大きくするほど指令に対する追従性や整定時間は短くなりますが，大きくしすぎると振動が発生します。このため，振動が発生しない範囲で所望の応答性が得られるように設定してください。

100Hzをこえるような機械共振があるために所望の応答性まで応答性設定が大きくできない場合には，アダプティブチューニングモード(パラメータNo.PB01)や機械共振抑制フィルタ(パラメータNo.PB13～PB16・PB38・PB39)で，機械共振を抑えることができます。機械共振を抑えることで，応答性設定を大きくすることができる場合もあります。アダプティブチューニングモード，機械共振抑制フィルタの設定については7.2節を参照してください。

パラメータNo.PA09の設定

応答性設定	機械の特性	
	機械剛性	対応する機械の目安
1	低い	
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8	中	
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16	高い	

6.4 2ゲイン調整モード

ポイント

● ワンタッチ調整後の応答性をより向上させたい場合に使用します。パラメータNo.PA09・PB07で微調整することができます。

2ゲイン調整モードは，応答性設定やモデル制御ゲインを微調整する場合に使用します。

(1) パラメータ

(a) 自動調整パラメータ

次のパラメータはオートチューニング1により自動調整されます。

パラメータNo.	略称	名称
PB06	GD2	サーボモータに対する負荷慣性モーメント比
PB08	PG2	位置制御ゲイン
PB09	VG2	速度制御ゲイン
PB10	VIC	速度積分補償

(b) マニュアル調整パラメータ

次のパラメータはマニュアルにより調整可能です。

パラメータNo.	略称	名称
PA09	RSP	オートチューニング応答性
PB07	PG1	モデル制御ゲイン

(2) 調整手順

手順	操作	内容
1	2ゲイン調整モードに設定する。	パラメータNo.PA08(オートチューニングモード)を“□□0”に設定します。
2	運転しながら，応答性設定(パラメータNo.PA09)を大きくしていき，振動が発生したら戻します。	サーボ安定性の調整。
3	運転しながら，モデル制御ゲイン(パラメータNo.PB07)を大きくしていき，オーバシュートが発生したら戻します。	位置追従性の調整。

(3) 調整内容

溜りパルス量は，次の式で決まります。

$$\text{溜りパルス量(pulse)} = \frac{\dfrac{\text{回転速度(r/min)}}{60} \times \text{サーボモータ検出器分 解能(pulse/rev)}}{\text{エンコーダ分解能(pulse/rev)}} \cdot \frac{}{\text{設定値}}$$

6.5 マニュアルモード

オートチューニングモード1および2ゲイン調整モードでは満足する調整ができなかった場合，負荷慣性モーメント比および全てのゲインをマニュアルモードで調整してください。

ポイント

- 負荷慣性モーメント比の推定が正常値にならない場合に使用してください。
- 制振制御チューニングを実施する場合に使用してください。

(1) 内部速度制御の場合

(a) パラメータ

ゲイン調整に使用するパラメータは次のとおりです。

パラメータNo.	略称	名称
PB06	GD2	サーボモータに対する負荷慣性モーメント比
PB07	PG1	モデル制御ゲイン
PB09	VG2	速度制御ゲイン
PB10	VIC	速度積分補償

(b) 調整手順

手順	操作	内容
1	オートチューニングにより大まかな調整を行います。6.3.3項を参照してください。	
2	チューニングモードをマニュアルモード(パラメータNo.PA08:003)に設定を変更します。	
3	サーボモータに対する負荷慣性モーメント比に推定値を設定してください。(オートチューニングによる推定値が正しい場合は設定を変更する必要はありません。)	
4	モデル制御ゲインを小さめに設定します。 速度積分補償を大きめに設定します。	
5	速度制御ゲインを振動や異音がしない範囲で大きくしていき，振動が発生したら少し戻します。	速度制御ゲインを大きくします。
6	速度積分補償を振動が出ない範囲で小さくしていき，振動が発生したら少し戻します。	速度積分補償の時定数を小さくします。
7	モデル制御ゲインを大きくしていき,オーバシュートが発生したら少し戻します。	モデル制御ゲインを大きくします。
8	機械系の共振などによりゲインを大きくできず，所望の応答性が得られない場合，アダプティブチューニングモードや機械共振抑制フィルタにより共振を抑制したのち，手順3～7を実施すると応答性を上げられる場合があります。	機械共振の抑制。 (7.2節参照)
9	回転の状態を見ながら各ゲインを微調整します。	微調整

(c) 調整内容

① 速度制御ゲイン(VG2：パラメータNo.PB09)

速度制御ループの応答性を決めるパラメータです。この値を大きく設定すると応答は高くなりますが，大きくしすぎると機械系が振動しやすくなります。実際の速度ループの応答周波数は次式のようになります。

$$\text{速度ループ応答周波数(Hz)} = \frac{\text{速度制御ゲイン設定値}}{(1+\text{サーボモータに対する負荷慣性モーメント比})\times 2\pi}$$

② 速度積分補償(VIC：パラメータNo.PB10)

指令に対する定常偏差をなくすために速度制御ループは比例積分制御になっています。速度積分補償はこの積分制御の時定数を設定します。設定値を大きくすると応答性は悪くなります。しかし，負荷慣性モーメント比が大きい場合や，機械系に振動要素がある場合には，ある程度大きくしないと機械系が振動しやすくなります。目安としては次式のようになります。

$$\text{速度積分補償設定値(ms)} \geqq \frac{2000\sim3000}{\text{速度制御ゲイン設定値}/(1+\text{サーボモータに対する負荷慣性モーメント比設定値})}$$

③ モデル制御ゲイン(PG1：パラメータNo.PB07)

位置指令に対する応答性を決めるパラメータです。モデル制御ゲインを大きくすると位置指令に対する追従性は良くなりますが，大きくしすぎると整定時にオーバシュートを生じやすくなります。

$$\text{モデル制御ゲインの目安} \leqq \frac{\text{速度制御ゲイン設定値}}{(1+\text{サーボモータに対する負荷慣性モーメント比})}\times\left(\frac{1}{4}\sim\frac{1}{8}\right)$$

(2) 位置制御の場合

(a) パラメータ

ゲイン調整に使用するパラメータは次のとおりです。

パラメータNo.	略称	名称
PB06	GD2	サーボモータに対する負荷慣性モーメント比
PB07	PG1	モデル制御ゲイン
PB08	PG2	位置制御ゲイン
PB09	VG2	速度制御ゲイン
PB10	VIC	速度積分補償

(b) 調整手順

手順	操作	内容
1	オートチューニングにより大まかな調整を行います。6.3.3項を参照してください。	
2	チューニングモードをマニュアルモード(パラメータNo.PA08：003)に設定を変更します。	
3	サーボモータに対する負荷慣性モーメント比に推定値を設定してください。(オートチューニングによる推定値が正しい場合は設定を変更する必要はありません。)	
4	モデル制御ゲイン，位置制御ゲインを小さめに設定します。 速度積分補償を大きめに設定します。	
5	速度制御ゲインを振動や異音がしない範囲で大きくしていき，振動が発生したら少し戻します。	速度制御ゲインを大きくします。
6	速度積分補償を振動が出ない範囲で小さくしていき，振動が発生したら少し戻します。	速度積分補償の時定数を小さくします。
7	位置制御ゲインを大きくしていき，振動が発生したら少し戻します。	位置制御ゲインを大きくします。
8	モデル制御ゲインを大きくしていき,オーバシュートが発生したら少し戻します。	モデル制御ゲインを大きくします。
9	機械系の共振などによりゲインを大きくできず，所望の応答性が得られない場合，アダプティブチューニングモードや機械共振抑制フィルタにより共振を抑制したのち，手順3～8を実施すると応答性を上げられる場合があります。	機械共振の抑制。 (7.2節参照)
10	整定特性や回転の状態を見ながら各ゲインを微調整します。	微調整

(c) 調整内容

① 速度制御ゲイン(VG2：パラメータNo.PB09)

内部速度制御の場合と同様になります。

② 速度積分補償(VIC：パラメータNo.PB10)

内部速度制御の場合と同様になります。

③ 位置制御ゲイン(PG2：パラメータNo.PB08)

位置制御ループの外乱に対する応答性を決めるパラメータです。位置制御ゲインを大きくすると外乱に対する変化は小さくなりますが，大きくしすぎると機械系が振動しやすくなります。

$$\text{位置制御ゲインの目安} \leqq \frac{\text{速度制御ゲイン設定値}}{(1+\text{サーボモータに対する負荷慣性モーメント比})} \times \left(\frac{1}{4} \sim \frac{1}{8}\right)$$

④ モデル制御ゲイン(PG1：パラメータNo.PB07)

位置指令に対する応答性を決めるパラメータです。モデル制御ゲインを大きくすると位置指令に対する追従性は良くなりますが，大きくしすぎると整定時にオーバシュートを生じやすくなります。

$$\text{モデル制御ゲインの目安} \leqq \frac{\text{速度制御ゲイン設定値}}{(1+\text{サーボモータに対する負荷慣性モーメント比})} \times \left(\frac{1}{4} \sim \frac{1}{8}\right)$$